

5

BeschreibungGalvanisches Element

10 Gegenstand der Erfindung ist ein galvanisches Element mit mindestens einer Lithium interkalierenden Elektrode und einem aus flexiblem Folienmaterial bestehenden Gehäuse, durch welches mit den positiven und negativen Elektroden des Elements verbundene Ableiter nach außen geführt sind.

15 Wiederaufladbare Lithium-Zellen mit einem flexiblen Foliengehäuse (Softpack) werden aufgrund ihrer hohen Energiedichte und dem daraus resultierenden niedrigen Gewicht zunehmend in portablen Hightech-Geräten wie Mobiltelefonen, PDA's und Organizern eingesetzt.

20 Wegen der immer weiter voranschreitenden Miniaturisierung dieser Geräte sinkt auch der für den Energiespeicher zur Verfügung stehende Raum ständig. Gleichzeitig steigen jedoch die Anforderungen an die Zelle hinsichtlich Belastbarkeit und Performance, beispielsweise bei GSM, GPRS, UMTS. Die Zellen werden hierbei einer immer größeren Pulsbe-  
25 lastung ausgesetzt, wobei eine vorgegebene bzw. gerätespezifische Abschaltspannung nicht unterschritten werden darf.

Um diesen Ansprüchen gerecht zu werden, müssen diese Zellen u.a. einen sehr niedrigen Innenwiderstand aufweisen.

30

Lithium-Polymer-Zellen sind beispielsweise so aufgebaut, dass mehrere Elektroden gestapelt werden und die jeweiligen Kollektoren der (negati-

- ven) Anoden bzw. (positiven) Kathoden durch Verschweißung parallelgeschaltet und mit einem nach außen führenden Ableiter verbunden werden. In der Kathode dient Aluminium (Streckmetall oder Folie, die zusätzlich in beliebiger Form gelocht sein kann) und in der Anode Kupfer
- 5 (Streckmetall oder Folie, die zusätzlich in beliebiger Form gelocht sein kann) als Kollektormaterial. Für den nach außen führenden Ableiter der Anode wird Nickel und für den nach außen führenden Ableiter der Kathode wird Aluminium verwendet.
- 10 Das Dokument EP 1 291 934 A2 beschreibt eine mechanisch hoch beanspruchbare Zelle im Softpack. Als Ableitermaterial werden beispielhaft Aluminium, Kupfer, Phosphor-Bronze, Nickel, Titan, Eisen und Edelstahl sowie Legierungen aus diesen genannt. Weiterhin wird ein mögliches nachgeschaltetes ‚Weichglühen‘ erwähnt und eine mögliche Be-
- 15 schichtung der Ableiter mit einem Polymer, einer Phosphatverbindung, einer Titanverbindung oder einem Zinkphosphat zur Erhöhung der Haftung beschrieben. Wie aus den Beispielen hervorgeht, wird als Material für den negativen Ableiter bevorzugt Nickel eingesetzt.
- 20 Dem Dokument US 6,045,946 sind Lithium-Polymer-Zellen mit einem Softpack-Gehäuse zu entnehmen, welche nach außen führende Ableiter aus vernickeltem Stahl, Aluminiumfolie oder Kupferfolie besitzen.
- Die Druckschrift EP 1 276 161 A1 beschreibt eine korrosionsbeständige
- 25 Beschichtung für Ableiter einer Lithium-Ionen-Zelle im Softpack, welche aus Phosphat/Chromat, etc. besteht. Als Material für die Ableiter sind Aluminium, Nickel, Edelstahl und Kupfer vorgeschlagen.
- Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein galvanisches Element der
- 30 eingangs genannten Art anzugeben, welches einen sehr geringen Gesamtwiderstand aufweist und damit insbesondere für hohe Pulsbelastungen geeignet ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein galvanisches Element mit den Merkmalen des Anspruchs 1 oder des Anspruchs 2 gelöst. Vorteilhafte und bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung sind den Unter-  
5 ansprüchen zu entnehmen.

Figur 1 zeigt den schematischen Aufbau einer Lithium-Polymerzelle in Stapeltechnologie, die mit einer Sicherheitselektronik versehen ist.

10 Die positiven Kollektoren 3 der gestapelten Elektroden 1 werden mit dem positiven Ableiter 5 verschweißt. Die negativen Kollektoren 2 werden mit dem negativen Ableiter 4 verschweißt. Die Ableiter 4, 5 der Zelle werden mit den entsprechenden Ableitern 6, 7 der Sicherheitselektronik 8 verschweißt.

15

Nicht dargestellt ist das Gehäuse (Softpack aus Aluminium/Kunststoffverbundfolie) der Zelle, welches die Elektroden 1 sowie die Kollektoren 2, 3 umhüllt und durch welches die Ableiter 4, 5 nach außen geführt sind.

20

Bei dem erfindungsgemäß aus vernickeltem Kupfer bestehenden Ableiter 4 werden die positiven Eigenschaften zweier Materialien so kombiniert, dass die negativen Eigenschaften der Einzelmaterialien eliminiert werden, es wird nämlich das elektrisch gut leitende Kupfer mit einer  
25 dünnen korrosionsbeständigen, elektrolytresistenten, gut schweißbaren Schicht aus Nickel versehen. Durch das Kupfer ist eine gute elektrische Leitfähigkeit gegeben; die Oberflächen-Vernickelung gewährleistet alle anderen Anforderungen, wie Korrosionsbeständigkeit, Elektrolytresistenz und Schweißbarkeit.

30

Das in bekannten Zellen als Ableitermaterial verwendete Nickel hat zwar viele positive Eigenschaften, wie Korrosionsbeständigkeit, gute

Schweißbarkeit und Elektrolytresistenz, ist jedoch ein relativ schlechter elektrischer Leiter, so dass die Ableiter aus Nickel einen nicht unerheblichen Anteil am Gesamtwiderstand der Zelle bzw. des Batterie-Packs haben und somit die Belastbarkeit und Performance negativ beeinflussen. Dadurch wird der Spannungsabfall ganz besonders bei Pulsbelastung der Zelle negativ beeinflusst, so dass die Abschaltspannung des an die Zelle oder den Batterie-Pack angeschlossenen Verbrauchers frühzeitig unterschritten wird und somit die Laufzeit des Verbrauchers verringert wird.

10

Die erfindungsgemäß verwendete Materialkombination ist elektrisch besser leitend, gleichzeitig aber gut schweißbar bzw. lötlbar und korrosionsbeständig. Dieses Material kann gut mittels Ultraschall- oder Widerstandsschweißen mit den Kollektoren der negativen Elektrode(n), die meist aus Kupfer bestehen, verbunden werden. Dieses Material, welches im Inneren der Zelle mit Elektrolyt in Berührung kommen kann, ist resistent gegenüber dem jeweils eingesetzten Elektrolyten und elektrochemisch kompatibel mit dem Gesamtsystem.

20 Die Beschichtung des Kupfers mit Nickel erfolgt vorzugsweise in einem galvanischen Prozess, kann aber auch mittels einer physikalischen oder chemischen Dampfabcheidung erfolgen. Weiterhin ist es möglich, eine Trimetallfolie mit der Sequenz Nickel-Kupfer-Nickel einzusetzen.

25 Die mit Nickel beschichteten Kupfer-Ableiter sind 2 mm bis 15 mm, vorzugsweise 3 mm bis 5 mm breit und 20 µm bis 200 µm, vorzugsweise 50 µm bis 100 µm dick. Die Schichtdicke des Nickels beträgt 10 nm bis 3 µm, vorzugsweise 50 nm bis 500 nm.

30 Die Ableiter werden im Allgemeinen als Streifen aus vernickelter Kupferfolie ausgeschnitten, der dabei entstehende unvernickelte Rand des Streifens bringt keine Nachteile mit sich.

Es aber auch möglich, die Kupferfolie vor der Beschichtung in Streifen zu schneiden und die Beschichtung dann aufzubringen. In diesem Fall ist dann auch der Rand des Streifens mit Nickel beschichtet.

5

Aufgrund der hohen Energiedichte und wegen des verwendeten entzündlichen sowie ätzenden organischen Lithium-Elektrolyten, müssen bei Li-Zellen (Li-Ion und Li-Polymer) besondere Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden, damit eine Gefährdung des Endverbrauchers auch bei unsachgemäßer Behandlung der Zelle ausgeschlossen werden kann.

15 Daher wird an wiederaufladbaren Li-Zellen außen eine elektronische Sicherheitsschaltung angebracht, die den Lade- und Entladevorgang überwacht und die Zelle vor unsachgemäßer Behandlung wie beispielsweise Überladung, Tiefentladung oder externem Kurzschluss schützt.

Diese Sicherheitselektronik 8 besitzt ebenfalls Ableiter 6, 7, die mit den Ableitern 4, 5 der Zelle elektrisch leitend durch Schweißen oder Löten verbunden werden. Gegebenenfalls wird zwischen Sicherheitselektronik und Zelle zusätzlich ein temperaturabhängiger Widerstand (PTC, sogenannter Polyswitch) geschaltet. Dieser wird ebenfalls über zusätzliche Ableiter mit einem Ableiter der Zelle und der Sicherheitselektronik elektrisch verbunden. Auch diese Ableiter bestehen erfindungsgemäß aus vernickeltem Kupfer.

Derartige Schaltungsanordnungen sind den Dokumenten DE 101 04 981 A1 und DE 102 50 857 A1 zu entnehmen

30 Abhängig von der Zelltype und Art der Anbindung der Sicherheitselektronik und gegebenenfalls des temperaturabhängigen Widerstandes (PTC) können durch Ersetzen der bekannten Nickel-Ableiter durch ver-

- nickelte Kupferableiter mit den gleichen Abmessungen erhebliche Verbesserungen des Gesamtwiderstands erreicht werden, nämlich eine Verringerung des Widerstands um 12% bei einer Einzelzelle, eine Verringerung um 9% bei einem Batteriepack mit Einzelzelle nach Stand der Technik und erfindungsgemäßer Anbindung der Sicherheitselektronik und eine Verringerung um 13% bei einem Batteriepack mit erfindungsgemäßer Einzelzelle und erfindungsgemäßer Anbindung der Sicherheitselektronik.
- 10 Die Werte sind beispielhaft für einen aktuellen Zell- und Batteriepacktyp mit den Abmessungen  $66 \times 35 \times 4,2 \text{ mm}^3$  und können bei anderen Typen höher oder niedriger ausfallen.

- Im folgenden sind konkrete Werte für eine Lithiumzelle mit den Abmessungen  $66 \times 35 \times 4,2 \text{ mm}^3$  und einer Kapazität von 900 mAh errechnet.
- 15 Für die Ableiter wird der Leiterwiderstand errechnet nach

$$R = \frac{l}{\gamma \times A}$$

- 20 wobei  $\gamma$  = Leitfähigkeit des Leitermaterials  
 $l$  = Leiterlänge  
 $A$  = Leiterquerschnitt  
 $R$  = Widerstand des Leiters

- 25 Leitfähigkeit verschiedener Leitermaterialien:

$$\text{Kupfer (99,9 \%): } \gamma = 56,0 \frac{\text{m}}{\Omega \times \text{mm}^2}$$

$$\text{Nickel (99,5 \%): } \gamma = 10,5 \frac{\text{m}}{\Omega \times \text{mm}^2}$$

## Beispiel 1:

Einzelzelle nach Stand der Technik:

5

Innenwiderstand der Zelle ohne Anodenableiter, mit Kathodenableiter =  
27 mΩ

Ableiterlänge = 16,5 mm

Ableiterquerschnitt = 5,0 mm \* 70 μm = 0,35 mm<sup>2</sup>

10

Widerstand des Anoden-Ableiters aus Nickel:

$$R = \frac{0,0165 \text{ m}}{10,5 \frac{\text{m}}{\Omega \times \text{mm}^2} \times 0,35 \text{ mm}^2} = 4,49 \text{ m}\Omega$$

15 Widerstand des Anoden-Ableiters aus Kupfer:

$$R = \frac{0,0165 \text{ m}}{56,0 \frac{\text{m}}{\Omega \times \text{mm}^2} \times 0,35 \text{ mm}^2} = 0,84 \text{ m}\Omega$$

20

Eine solche Zelle hat:

nach Stand der Technik (Nickelableiter anodenseitig) einen Innenwider-  
stand von

$$27 + 4,49 \text{ m}\Omega = 31,49 \text{ m}\Omega$$

25 erfindungsgemäß (vernickelter Kupferableiter anodenseitig) einen In-  
nenwiderstand von

$$27 + 0,84 \text{ m}\Omega = 27,84 \text{ m}\Omega$$

Damit ergibt sich eine Verbesserung des Widerstandes der reinen Zelle von 11,6 %.

Beispiel 2:

5

Einzelzelle mit Sicherheitselektronik nach Stand der Technik bzw. Einzelzelle nach Stand der Technik und erfindungsgemäße Anbindung der Sicherheitselektronik

- 10 Innenwiderstand der Zelle mit Anodenableiter aus Nickel = 31,49 mΩ  
 Widerstand der Sicherheitselektronik = 40 mΩ  
 Widerstand des PTC = 20 mΩ

Ableiter für Elektronik- und PTC-Assemblierung:

- 15 2 Stück Ableiter Typ 1 (Verbinder Elektronik - PTC; Verbinder PTC - Elementableiter) mit  
 Ableiterlänge = 8,5 mm  
 Ableiterquerschnitt = 4,0 mm \* 70 μm = 0,28 mm<sup>2</sup>

- 20 1 Stück Ableiter Typ 2 (Verbinder Elektronik – Elementableiter) mit  
 Ableiterlänge = 17,0 mm  
 Ableiterquerschnitt = 4,0 mm \* 70 μm = 0,28 mm<sup>2</sup>

Widerstand eines Ableiters Typ 1 aus Nickel:

25

$$R = \frac{0,0085 \text{ m}}{10,5 \frac{\text{m}}{\Omega \times \text{mm}^2} \times 0,28 \text{ mm}^2} = 2,89 \text{ m}\Omega$$

, für 2 Ableiter also

5,78 mΩ

Widerstand eines Ableiters Typ 1 aus Kupfer:

30



$$R = \frac{0,0085 \text{ m}}{56,0 \frac{\text{m}}{\Omega \times \text{mm}^2} \times 0,28 \text{ mm}^2} = 0,54 \text{ m}\Omega$$

, für 2 Ableiter also

1,08 mΩ

Widerstand eines Ableiters Typ 2 aus Nickel:

5

$$R = \frac{0,017 \text{ m}}{10,5 \frac{\text{m}}{\Omega \times \text{mm}^2} \times 0,28 \text{ mm}^2} = 5,78 \text{ m}\Omega$$

Widerstand eines Ableiters Typ 2 aus Kupfer:

$$R = \frac{0,017 \text{ m}}{56,0 \frac{\text{m}}{\Omega \times \text{mm}^2} \times 0,28 \text{ mm}^2} = 1,08 \text{ m}\Omega$$

10

Ein solcher Batteriepack

- 15 - hat mit einer Zelle nach Stand der Technik (Nickelableiter anoden-seitig) und Nickelableiter zur Elektronikanbindung einen Innenwiderstand von
- 31,49 mΩ + 5,78 mΩ + 5,78 mΩ + 40 mΩ + 20 mΩ = 103,05 mΩ  
(Zelle + Ableiter für Elektronik und PTC + Sicherheitselektronik +
- 20 PTC)
- hat mit einer Zelle nach Stand der Technik (Nickelableiter anoden-seitig) und erfindungsgemäßen Ableitern (vernickelter Kupferableiter) zur Elektronikanbindung einen Innenwiderstand von
- 31,49 mΩ + 1,08 mΩ + 1,08 mΩ + 40 mΩ + 20 mΩ = 93,65 mΩ  
(Zelle + Ableiter für Elektronik und PTC + Sicherheitselektronik +
- 25 PTC)

Damit ergibt sich eine Verbesserung des Innenwiderstandes des Batteriepacks von 9 %.

### 5 Beispiel 3:

Batteriepack mit Einzelzelle und Elektronikanbindung nach Stand der Technik bzw. erfindungsgemäße Einzelzelle und Elektronikanbindung.

- 10 Innenwiderstand der Zelle mit Anodenableiter aus Nickel = 31,49 mΩ  
 Innenwiderstand der Zelle mit Anodenableiter aus Kupfer = 27,84 mΩ  
 Widerstand der Sicherheitselektronik = 40 mΩ.

Widerstand des PTC = 20 mΩ

Ableiter für Elektronik- und PTC-Assemblierung:

- 15 2 Stück Ableiter Typ 1 mit  
 Ableiterlänge = 8,5 mm  
 Ableiterquerschnitt = 4,0 mm \* 70 μm = 0,28 mm<sup>2</sup>

1 Stück Ableiter Typ 2 mit

- 20 Ableiterlänge = 17,0 mm  
 Ableiterquerschnitt = 4,0 mm \* 70 μm = 0,28 mm<sup>2</sup>

Widerstand eines Ableiters Typ 1 aus Nickel:

$$R = \frac{0,0085 \text{ m}}{10,5 \frac{\text{m}}{\Omega \times \text{mm}^2} \times 0,28 \text{ mm}^2} = 2,89 \text{ m}\Omega$$

- 25 , für 2 Ableiter also  
 5,78 mΩ

Widerstand eines Ableiters Typ 1 aus Kupfer:

$$R = \frac{0,0085 \text{ m}}{56,0 \frac{\text{m}}{\Omega \times \text{mm}^2} \times 0,28 \text{ mm}^2} = 0,54 \text{ m}\Omega$$

, für 2 Ableiter also

1,08 mΩ

5

Widerstand eines Ableiters Typ 2 aus Nickel:

$$R = \frac{0,017 \text{ m}}{10,5 \frac{\text{m}}{\Omega \times \text{mm}^2} \times 0,28 \text{ mm}^2} = 5,78 \text{ m}\Omega$$

10 Widerstand eines Ableiters Typ 2 aus Kupfer:

$$R = \frac{0,017 \text{ m}}{56,0 \frac{\text{m}}{\Omega \times \text{mm}^2} \times 0,28 \text{ mm}^2} = 1,08 \text{ m}\Omega$$

Dieser Batteriepack

- 15 - hat nach Stand der Technik (Nickelableiter anodenseitig und zur Elektronikanbindung) einen Innenwiderstand von  
 31,49 mΩ + 5,78 mΩ + 5,78 mΩ + 40 mΩ + 20 mΩ = 103,05 mΩ  
 (Zelle + Ableiter für Elektronik und PTC + Sicherheitselektronik + PTC)
- 20 - hat erfindungsgemäß (vernickelter Kupferableiter anodenseitig und zur Elektronikanbindung) einen Innenwiderstand von  
 27,84 mΩ + 1,08 mΩ + 1,08 mΩ + 40 mΩ + 20 mΩ = 90 mΩ  
 (Zelle + Ableiter für Elektronik und PTC + Sicherheitselektronik + PTC)

25

Dies entspricht einer Verbesserung d. Innenwiderstandes des Batteriepacks von 13 %.

Durch den niedrigeren Widerstand wird eine erhebliche Verbesserung  
5 von Belastbarkeit und Performance der Zelle bzw. des Batterie-Packs  
gewonnen. Durch den geringeren Widerstand von Zelle bzw. Batterie-  
Pack ist auch der Spannungsabfall bei Pulsbelastung und hoher Dauer-  
belastung geringer, wodurch die Abschaltspannung des angeschlosse-  
nen Verbrauchers später unterschritten wird, was sich in einer längeren  
10 Laufzeit des Verbrauchers widerspiegelt.

Figur 2 zeigt beispielhaft den Spannungsverlauf von Zellen nach Stand  
der Technik im Vergleich zu erfindungsgemäß gebauten Zellen bei einer  
Entladung mit GSM-Pulsen. (Entladen: GSM/20°C (bis 3.0V) GSM  
15 Pulsbelastung: 2A / 0.55ms; 80mA / 4.05ms)

Uo1 und Uu1 zeigen den Spannungsverlauf in Abhängigkeit von der  
entnommenen Kapazität von Zellen nach Stand der Technik, wobei Uo1  
den Spannungsverlauf der Impulspause und Uu1 den Spannungsverlauf  
20 des Pulses wiedergeben.  $\Delta U1$  zeigt den daraus resultierenden Span-  
nungsabfall.

Analog hierzu zeigen Uo2, Uu2 und  $\Delta U2$  den entsprechenden Verlauf  
bei erfindungsgemäßen Zellen.

25 Die Verbesserung von Performance und Belastbarkeit der erfindungs-  
gemäßen Zellen ist deutlich ersichtlich. Abhängig von der verbraucher-  
spezifischen Abschaltspannung lässt sich eine erhebliche Verbesserung  
der Gerätelaufzeit erreichen.

30

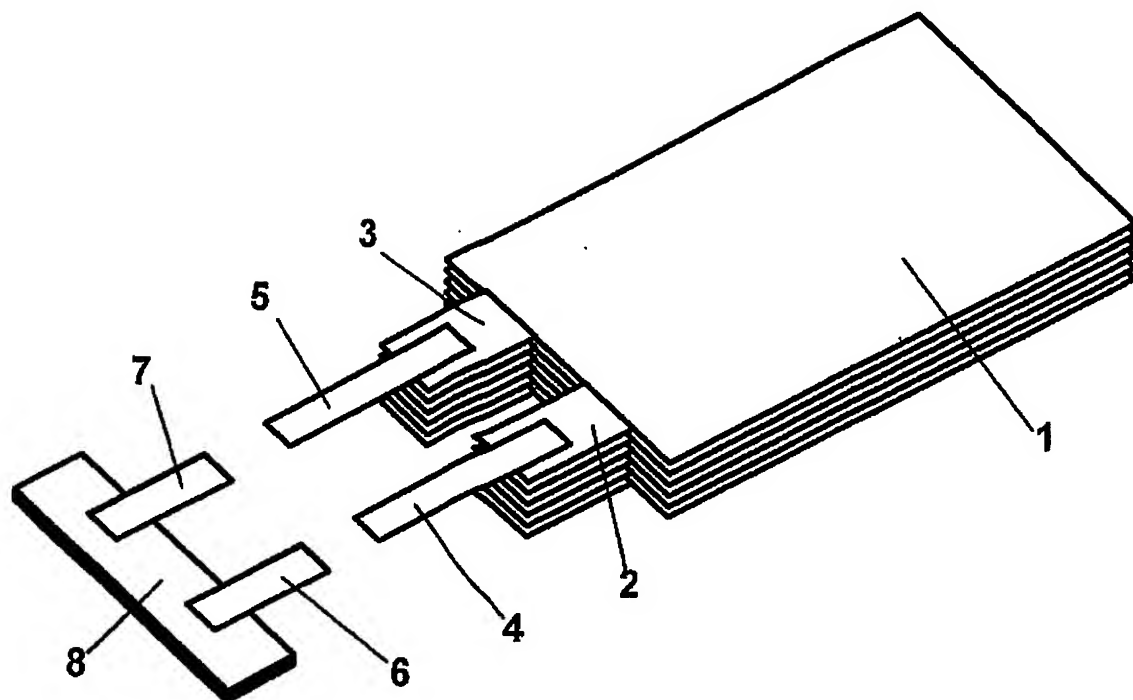
-----

Patentansprüche

1. Galvanisches Element mit mindestens einer Lithium interkalierenden Elektrode und einem aus flexiblen Folienmaterial bestehenden Gehäuse, durch welches mit den positiven und negativen Elektroden des Elements verbundene Ableiter nach außen geführt sind, dadurch gekennzeichnet, dass der mit dem Kollektor der negativen Elektrode verbundene, nach außen geführte Ableiter aus mit Nickel beschichteter Kupferfolie besteht.
2. Galvanisches Element mit mindestens einer Lithium interkalierenden Elektrode und einem aus flexiblen Folienmaterial bestehenden Gehäuse, durch welches mit den positiven und negativen Elektroden des Elements verbundene Ableiter nach außen geführt sind, die mit einer Sicherheitselektronik verbunden sind, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens einer der Ableiter, die Element und Sicherheitselektronik verbinden, aus mit Nickel beschichteter Kupferfolie besteht.
3. Galvanisches Element nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass in die Verbindung zwischen Element und Sicherheitselektronik ein weiteres Schutzelement, insbesondere ein PTC-Widerstand, eingefügt ist.
4. Galvanisches Element nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass in die Verbindung zwischen Element und Sicherheitselektronik ein weiteres Schutzelement, insbesondere eine thermische Sicherung, eingefügt ist.

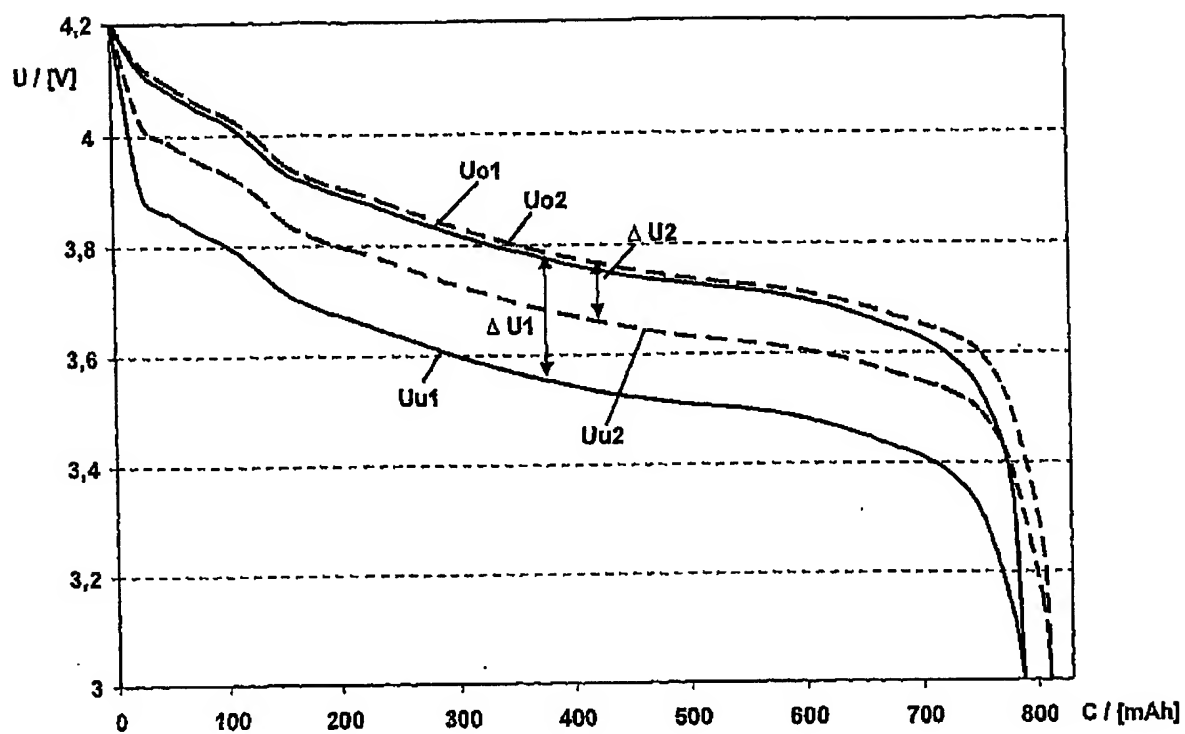
5. Galvanisches Element nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Kupferfolle galvanisch vernickelt ist.
- 5 6. Galvanisches Element nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die mit Nickel beschichteten Kupfer-Ableiter 2 mm bis 15 mm, vorzugsweise 3 mm bis 5 mm breit sind.
- 10 7. Galvanisches Element nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die mit Nickel beschichteten Kupfer-Ableiter 20  $\mu\text{m}$  bis 200  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise 50  $\mu\text{m}$  bis 100  $\mu\text{m}$  dick sind.
- 15 8. Galvanisches Element nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Schichtdicke des Nickels 10 nm bis 3  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise 50 nm bis 500 nm beträgt.
- 20 9. Galvanisches Element nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse des Elements aus Aluminium/Kunststoffverbundfolle besteht.

1/2



Figur 1

2/2



Figur 2